

УДК 330.111.4:001 + 658

Підлісна О.А.

канд. техн. наук, доцент.

Національний технічний університет України «КПІ»

Філозоф В.М.

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України

ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ECONOMIC EFFICIENCY OF NEW TECHNOLOGIES

У статті розглянуті питання порівняльної оцінки застосування нових технологій. Запропоновано підходи до визначення складових собівартості технологічних інновацій. Складність оцінки економічної ефективності інновацій на етапі науково-дослідної роботи полягає у необхідності урахування витрат і очікувань як у розробника, так і у виробника і споживача. У статті визначено підходи до оцінки економічної ефективності комплексної науково-технічної розробки. Оцінено вплив розробки на ефективність окремих етапів випуску кінцевого продукту.

В статье рассмотрены вопросы сравнительной оценки применения новых технологий. Предложен порядок определения составляющих себестоимости технологических инноваций. Сложность оценки экономической эффективности инноваций на этапе научно-исследовательской работы состоит в необходимости прогнозирования затрат как у разработчика, так и у производителя и потребителя. В статье сформированы критерии оценки экономической эффективности комплексной научно-технической разработки. Рассмотрено взаимосвязь эффективности разработки и выпуска конечной продукции.

Basis of forming of initial (raw material, purveying) base of engineer is metallurgical industry. Diminishing of charges on forming and maintenance of production supplies, optimizations of technological processes of receipt of purveyances determine directions of engineer innovative development in the conditions of economy of steady development. In the article the considered questions of comparative estimation of application of new technologies of metals production. Offered approach to determination of constituents of prime price of technological innovations in the finished good. Complication of estimation of economic efficiency of innovations on the stage of research work consists in the necessity of account of charges and expectations both for a developer and for a producer and user. Technical and technological innovations of the industrially oriented are required by the constructions system of economic indicators determination of ponderability each of these indexes. Similar work in terms between a production competition is the separate constituent of innovative activity. In the article certainly going is near estimation economic

Ключові слова: оцінки ефективності, критерії оцінки, відходи промисловості, металургія.

Вступ. Вихід економіки України з кризового стану суттєво залежить від потенційних можливостей галузі машинобудування, продукція якої формує валовий національний продукт держави. Передумовою ефективного розвитку галузі є наявність потужної сировинної бази. Основою формування вихідної (сировинної, заготівельної) бази машинобудування є металургійна промисло-

вість. Зменшення витрат на формування і обслуговування виробничих запасів, оптимізація технологічних процесів одержання заготовок визначають напрями інноваційного розвитку машинобудування в умовах економіки сталого розвитку. Більше ніж 50 % від загального обсягу заготовок належить продукції, виготовленій ливарним методом [1]. Саме тому для задоволення попиту самої галузі і споживачів продукції промислового призначення (сучасне обладнання, що відповідає міжнародним стандартам), постає питання інтенсивного пошуку і мобілізації резервів ливарного виробництва. Основний акцент при інтенсифікації цього процесу ставиться на підвищенні якісних характеристик литва, удосконаленні конструктивних особливостей заготовок і наближенні їх за розмірами і конфігураціями до параметрів готових деталей.

Крім того, розвиток сучасних продуктивних сил вимагає безвідмовності майбутніх знарядь праці у ході експлуатації, а, як наслідок, і збільшення довговічності ливарних заготовок.

Постановка завдання. Питаннями технологічного удосконалення ливарного процесу займаються такі фахівці, як Костяков В.Н, Шинський О.Й, Найдек В.Л. Впровадження прогресивних науково-дослідних розробок у процес виготовлення литва формує нові засади розвитку металургійної промисловості та машинобудівної галузі: виділення міжгалузевої заготівельної продукції, міжгалузевої сировинної бази. Таким чином диверсифікація набуває ознак пріоритетності і у технологічно консервативних секторах національної економіки. Але ключовим фактором розвитку залишається економічна доцільність запропонованих інноваційних технологічних розробок.

Формуванням методики оцінки техніко-економічної ефективності наукових розробок займаються профільні галузеві наукові інститути, органи державного управління (адаптовані методики з 1977 до 2009 р.р.). У роботах Г.Я. Гольдштейна, С. Веселкова, Ю.К. Дюдина, С.А. Саркісяна, О.А. Толпегіної, А.П. Верьовкіна, Ч. Дананжаєвін, А.В. Лапо пропонуються абсолютні цінні методи (оцінки дисконтної вартості інновації, оцінки стійкості собівартості, економічної доцільності технологічної інновації) і індексні (метод індексування витрат, доходів). Але на сьогодні у теорії та практиці не існує єдиного критерію, визначення якого дозволило б оцінити ефективність технологічної інновації. На основі значного масиву інформації щодо нових технологічних процесів, розроблених вченими Фізико-технологічного інституту металів і сплавів Національної Академії Наук України, авторами дослідження зроблена спроба за допомогою системного підходу визначити критерії оцінки і розрахувати основні техніко-економічні переваги техніко-технологічних інновацій металургійної промисловості порівняно з базовими традиційними технологіями.

Методологія. Теоретичну і методологічну основу досліджень склали наукові праці і методичні розробки провідних науковців, законодавчі і норма-

тивні акти України, що регламентують поводження з промисловими відходами. При виконанні роботи застосовували метод наукового аналізу, систематизації та обробки статистичних даних, метод системного аналізу.

Результати дослідження. Поширеним методом оцінки економічної ефективності технологій є оцінка питомих витрат. Застосуємо його для сучасних методів підготовки сировини у машинобудуванні.

До високоефективних технологічних процесів належать такі методи виготовлення ливарних виробів:

- литво під низьким регульованим тиском;
- литво з протитиском;
- технологія лиття по газифікованим моделям у магнітні форми;
- технологія високоміцного чавунного литва з кулькоподібним графітом;
- автоматизація контрольно-вимірювальних і засобів зважування у технологічних процесах ливарного виробництва.

Дослідження показали, що науково-технічний прогрес збільшує питому вагу витрат на матеріальні ресурси у машинобудуванні внаслідок збільшення їх вартості через зменшення природного запасу і ускладнення процесу видобутку (глибоке залягання в надрах землі).

У ливарному виробництві витрати на метал складають 60–75 % усієї собівартості ливарних виробів [2]. Економія металу та інших матеріальних затрат в результаті впровадження зазначених нових технологічних процесів проявляється через:

- зменшення коефіцієнта використання металу як підсумкового скорочення кількості відходів на стадіях виготовлення ливарної продукції (металозавалки, рідкого стану, твердого металу);
- зменшенні маси виробів і їх габаритів за рахунок удосконалення конструкції із одночасним збереженням або підвищенням досягнутого рівня експлуатаційних якісних показників;
- підвищення показників надійності, ремонтпридатності, витривалості, що слугують факторами матеріалозбереження при експлуатації устаткування;
- підвищення довговічності ливарних виробів як фактора зменшення виробничих затрат на додатковий приріст їх технічного ресурсу і зниження норм споживання у результаті збільшення їх терміну придатності до експлуатації.

Метод лиття під низьким регульованим тиском забезпечує високі фізико-механічні властивості, чисту поверхню і розмірну точність виробів. Застосування цієї технології зумовило розробку серії автоматизованих ливарних установок (АЛУ-1, АЛУ-2, АЛУ-3 тощо), модифікованих відповідно до специфічних властивостей технологічних процесів [2]. Це зменшує працемісткість виготовлення відливок, скорочує виробничий цикл [3]. Перевагою даної технології порівняно з литвом у металеві форми на ковальних верстатах є сут-

тева економія металу внаслідок зменшення угарових відходів, браку, прибилив і припусків на механічну обробку. Так, впровадження технології низького тиску для алюмінієвих сплавів на установці АЛУ-1 дає змогу зменшити працездатність виготовлення виробів у 8-10 раз, а вихід придатного литва збільшити на 10-30 % [3]. Зниження непродуктивних витрат металу веде до пропорційного зменшення питомих витрат на енергоносії та інші допоміжні матеріали (табл. 1). Звільнення від низки допоміжних ручних операцій (підготовка шихтових матеріалів, транспортування установки і зняття кокільів, тощо) сприяє інтенсифікації технологічного процесу скорочує тривалість виробничого циклу.

Таблиця 1

Економічний ефект від впровадження технології лиття під низьким
регульованим тиском

№ п/п	Елементи витрат	Одиниця виміру	Базовий варіант	Впрова- джуваний варіант	Економіч- ний ефект
1.	Основні матеріали	Тис. грн.	63316,0	57320,0	5996,0
2.	Витрати на обладнання	-«-	1080,0	810,0	270,0
3.	Витрати на оснастку	-«-	3200,0	2640,0	560,0
4.	Заробітна плата виробничих працівників	-«-	1008,0	756,0	252,0
5.	Енергетичні витрати	-«-	3933,0	3061,0	872,0
6.	Витрати на використання виробничих площ	-«-	117,6	88,2,0	29,4
7.	Амортизаційні витрати	-«-	179,3	134,5	44,8
8.	Собівартість річного випуску лиття (2000т) за статтями витрат	-«-	72833,9	64809,7	8024,2
9.	Собівартість 1 т. за статтями витрат	-«-	36,417	32,405	4,012

Джерело: таблиця складена автором на підставі розрахунків звіту відділу економічного розвитку Фізико-технологічного інституту металів та сплавів НАН України

Виходячи з середніх даних, впровадження технології литва під низьким регульованим тиском забезпечує економію шихтових матеріалів на 618,8 кг на 1 т придатного кольорового і 247,7 кг на 1 т придатного чавунного литва; витрати рідкого металу зменшуються на 233,8 кг (14,7%) при виготовленні чавунних відливків і на 587,9 кг (28,1%) у разі виробництва кольорових виробів. Вихід придатних ливарних виробів у процесі впровадження низького регульованого тиску збільшується в середньому в чавунному виробництві на 10,2% , в кольоровому – на 18,6%.

Технологія литва з протитиском дає змогу продукувати відливки будь-яких конфігурацій і розмірів і є особливо ефективною при виготовленні великогабаритних корпусних і площинних зливків з металевими і піщаними стрижнями, товстостінних виробів складної конфігурації. Для ливарних виробів, виготовлених за допомогою технології протитиску, характерна рівномірність

структури металу по всьому перерізу, висока його пластичність, зносостійкість, чистота поверхні заготовки і високий ступінь готовності до термічної обробки. Можливість здійснення контролю і регулювання процесу заповнення форм металом, а також забезпечення безперервного тиску на всіх розрізах сприяє виготовленню високоякісних виробів з належною кристалізацією, дозволяє зменшити трудових витрат (живої і уречевленої праці) на одиницю випущеної продукції за рахунок багатопозиційних прес-форм, повної автоматизації процесів заливки форм металом, відрізки припусків. Розрахунки за результатами впровадження технології на металургійних підприємствах і підприємствах машинобудування [2] показали, що витрати на механічну обробку ливарних виробів, виготовлених методом протитиснення, на 61% нижчі за литво у піщані форми і на 10-12% менші, ніж за технологією литва у кокіль. Оцінку економічних показників проводили за методикою, викладеною у [3].

Зменшення кількості браку, скорочення непродуктивних витрат металу на літнково-прибильну систему та інших виробничих витрат сприяє економії на кожну тону виготовленої продукції шихтових матеріалів до 429 кг, рідкого металу до 399 кг і забезпечує збільшення виходу придатного литва на 14,6%. Технологічні дослідження за результатами впровадження розробки засвідчили збільшення міцності, підвищення довговічності та інших якісних показників продукції [3], що впливає на складову споживчого економічного ефекту.

Специфікою формування системи оцінки ефективності технологічних рішень у металургійному виробництві є поєднання завдань багатотоннажного виробництва з можливостями адаптації технології до ресурсних альтернатив регіону.

Так технологія ливарного виробництва з використанням пінополістирольних газифікованих моделей належить до нових перспективних процесів, за яких виключається потреба у земельних та піщаних ділянках (вони ліквідуються, за винятком великогабаритних відливків складної працюмісткої конфігурації, для яких виготовлення стрижнів є необхідним технологічним процесом).

Застосування технології газифікованих моделей у магнітні форми [4] скорочує витрати у формувальних відділеннях на придбання та утримання обладнання і транспортні операції на 50 %. Потреба у складських приміщеннях і у виробничих площах модельного і формувального відділень зменшується на 60–70%, скорочення механічної обробки (за рахунок зменшення припусків на 30–50 %) складає у середньому 25 % і сприяє перерозподілу вивільненню виробничих потужностей.

Технологія лиття за газифікованими моделями у магнітні форми призначена для чавунного, сталюого і кольорового ливарного виробництв. Застосування її у важкому машинобудуванні, замість вартісних працюмістких дерев'яних моделей скорочує витрати на них у 5-6 разів. Така технологія забез-

печує раціональне використання металу за рахунок ліквідації формувальних нахилів та втрат під час процесу роз'єднання форм у традиційних технологіях [4]. Висока точність, висока чистота поверхні і щільність осідання металу зменшують браку і збільшують вихід придатної продукції. Завдяки впровадженню технології вихід придатного металу збільшується у чавунному виробництві на 7,6 %, у сталевому – на 9,7 % і у кольоровому – на 3,3 %.

Технологія високоміцного чавунного лиття набула широкого розповсюдження у високорозвинених країнах, де темпи зростання випуску чавуну випереджають динаміку загальних темпів ливарного виробництва. Практика цих країн свідчить про високу ефективність заміни сталевих кованок та штамповок, а також сталю литва високоміцним чавуном із стабільними механічними властивостями і підвищеними показниками за жаростійкістю, зносостійкістю, корозійною стійкістю, тощо.

Проведені дослідження показали, що ливарні вироби з модифікованого чавуну з кулькоподібним графітом за якістю і фізико-механічними характеристиками не поступаються сталевим деталям, а витрати на їх виготовлення нижчі за затрати сталеливарного виробництва. Ефективність такої заміни підтверджується зменшенням (в середньому на 10–12%) маси виробів із високоміцного чавуну, підвищенням їх надійності і довговічності, зменшенням браку [5]. Це збільшує вихід придатного литва в середньому на 4,3 % і суттєво скорочує фінансові витрати порівняно із сталевими виробами. Перспективним є застосування високоміцного чавуну з кулькоподібним графітом у виробництві труб і сільськогосподарських машин.

Окремою складовою економічної оцінки ефективності застосування нових технологій є використання автоматизованих контрольно-вимірювальних ліній і засобів зважування (для дозування та вантаження) шихти в індукційні печі. Інформація про вміст вуглецю і про стан температури рідкого металу під час виплавки, а також регулювання фізико-технічними параметрами цього процесу сприяє підвищенню якісних характеристик литва за фізико-механічними властивостями (кількість бракованих виробів зменшується на 2,3 %). Стабілізація температури в індукційних печах дає можливість ліквідувати перегрів, збільшити міжремонтні цикли печей і зменшити у середньому на 18 % витрати електроенергії. Регулювання теплового режиму палення виплавки, інтенсифікація завантаження печей, автоматичне дозування шихтових матеріалів, ліквідація допоміжних операцій скорочує трудові й матеріальні витрати на ремонт і амортизацію устаткування, на обслуговування виробничих площ, а на стадії проектування – зменшує кількість паливних агрегатів. Така автоматизація у чавунному виробництві забезпечує середню економію шихтових матеріалів на 126,2 кг/т і рідкого металу – на 112,7 кг/т, що збільшує вихід придатної продукції на 5,9 %. Коефіцієнт економії рідкого чавуну складає 0,076, рідкої сталі – 0,018.

Результати оцінки економічної ефективності за окремими елементами прямих витрат підприємства зведені у таблицю 2.

Таблиця 2

Оцінка економічної ефективності запровадження технологічних інновацій за елементами прямих витрат підприємства

Показник	Інноваційне технологічне рішення / зміна показника порівняно з традиційними технологіями, %			
	литво під низьким регульованим тиском	литво з протитиском	технологія газифікованих моделей у магнітні форми	технологія високоміцного чавунного лиття
Витрати на сировину	«-» 25 – 60	«-» 40	-	-
Втрати напівфабрикату	«-» 14 - 28	«-» 39	-	-
Вихід готового продукту	«+» 14 - 18	«+» 14	«+» 3-9	«+» 4
Працездатність продукції	-	«-» 61	«-» 8	-
Витрати на технологічне оснащення і контрольно-вимірювальну апаратуру	-	-	«-» 50	«+»
Виробничі площі	-	-	«-» 60-70 %	-

Джерело: таблиця складена автором на підставі результатів дослідження

Формалізовано витрати на створення наукового продукту та його реалізацію визначаються [6] формулою:

$$C_{\text{НП}} = C_p + C_{\text{п}} + C_{\text{зп}} \quad (1)$$

де $C_{\text{НП}}$ – витрати на створення наукомісткого продукту,

C_p – витрати на розробку наукового продукту,

$C_{\text{п}}$ – витрати на патентування,

$C_{\text{зп}}$ – витрати на забезпечення прав на інтелектуальну власність.

Величина загального економічного ефекту від запровадження нового продукту розраховується [8] як сума економічних ефектів у виробника і споживача:

$$\epsilon_{\text{рік}} = \epsilon_{\text{виробника}} + \epsilon_{\text{споживача}}, \text{ (грн. /рік)} \quad (2)$$

де $\epsilon_{\text{рік}}$ – очікуваний економічний ефект від запровадження інновації,

$\epsilon_{\text{виробника}}$ – економічний ефект у виробника нового продукту,

$\epsilon_{\text{споживача}}$ – економічний ефект у споживача від застосування нового продукту.

Витрати на НДіДКР (з урахуванням випробувань та доопрацювання дослідних зразків) відносять як раз до складу сумарних витрат виробника. Також сюди входять безпосередні капіталовкладення, витрати на підготовку, наладку та освоєння виробництва, витрати на технічні заходи, охорону праці та навколишнього середовища, збитки або прибуток від виробництва і реалізації продукції у ході освоєння виробництва.

Аналіз техніко-технологічних процесів при виконанні розрахунків методом питомих витрат засвідчив, що якісні показники інноваційних рішень не знаходять свого відображення у ньому. Авторами дослідження пропонується, з урахуванням етапів розробки та впровадження [9] технологічних інновацій, використовувати для оцінки їх економічної ефективності систему критеріїв: сумарні питомі витрати і критерій цільової надійності. Останній визначається функціональними параметрами кінцевого продукту і формується ступенем технологічної уніфікації інноваційного рішення.

Оскільки об'єктами удосконалення у запропонованих технологіях є сировинна база виробника (металургійного виробництва), а оцінюється економічний ефект від запровадження нової техніки (технологічного обладнання) у споживача (підприємства машинобудування), то оцінка ефективності розробки буде складатися з елементів:

- 1) витрати на створення наукового продукту та його реалізацію (формула 1) – технічний рівень розробки,
- 2) економічний ефект металургійного виробництва від випуску зазначеної кількості нової продукції із застосуванням нового наукового продукту [8, с. 231] – якість виготовлення інноваційного продукту;
- 3) економічний ефект машинобудівного підприємства від застосування нових предметів праці [8, с. 232] - якість експлуатації;
- 4) економічний ефект у кінцевого споживача – якісний показник, який відображає соціально-економічну природу критерію ефективності (враховує вектор обмеження ресурсів у матриці економічних зв'язків).

З метою систематизації кількісних і якісних показників оцінки ефективності авторами запропонована матриця критеріїв з параметрами «критерій» та «умови обмеження», що відповідатиме узгодженню витратної складової і цільової надійності рішення (табл. 3).

Таблиця 3.

Матриця критеріїв оцінки економічної ефективності

Критерій	Умови обмеження			
	Операційні	Проектні	Ресурсні	Інші
Економічний ефект				
Технічний ефект				

Джерело: таблиця запропонована автором.

. Отже, для виявлення вихідних даних, особливо потенціальної можливої дохідності (прибутковості) проекту, необхідна тісна взаємодія усіх учасників ланцюга споживання (розробника технологій, підприємств-замовників, споживачів продукції промислового призначення і споживачів кінцевого продукту).

Висновки. Наукова новизна дослідження полягає в узагальненні теоретико-методичних напрацювань та формуванні засад оцінки економічної ефективності науково-технічної розробки для комплексної промислової галузі.

Запропонований системний підхід до формування критеріїв оцінки економічної ефективності застосування нових технологій у стратегічних, бюджетотворюючих галузях національної економіки, таких як металургійна промисловість і машинобудування, дозволяє об'єднати показники якості технологічних інновацій і кінцевого продукту у бікритеріальний показник економічної ефективності. Це дозволяє формувати розрахункові форми та моделі, а критеріальна матриця дозволяє урахувати і якісні показники, встановлені галузевими і державними нормативами.

Економічна ефективність науково - технічних розробок за відповідною системою показників має відображати вплив їхньої результативності на розвиток економіки країни в цілому, окремих регіонів, галузей, організацій і підприємств, що беруть участь у реалізації технологічних нововведень. Лише за цієї умови бажані показники проекту визначаються в процесі переговорів між зацікавленими в ньому сторонами. Під час переговорів деякі параметри проекту можуть змінюватись, що зумовлює і зміни значень узагальнюючих показників.

Теоретичне та практичне значення результатів дослідження. Запропоновані критерії оцінки економічної ефективності застосування нових технологій дозволяють перейти до розробки алгоритму та формування методики оцінки ефективності впровадження складних міжгалузевих інновацій. Аналіз структури елементів прямих витрат підприємств при запровадженні інноваційних технологій застосування вторинних відходів промисловості у виробничому процесі металургійних підприємств показав, що такі фактори, як витрати на сировину, втрати напівфабрикату і вихід готового продукту стосуються металургійного виробництва. Скорочення працемісткості, витрати на технологічне оснащення і контрольно-вимірювальну апаратуру, вивільнення площ стосуються не тільки безпосередніх споживачів наукового продукту, але й споживачів виготовленої з його застосуванням продукції промислового призначення.

Перспективи подальших наукових розробок за даним напрямом. Узагальнені результати дозволяють говорити про доцільність розробки сучасної методики оцінки ринкових перспектив промислово орієнтованих інновацій.

Література

1. Найдек В.Л. Прогрессивная технология обработки металлических расплавов./В.Л. Найдек. – К.: УкрНИИИТИ, 1991. – 52 с.
2. Борисов Г.П. Применение регулируемого давления при изготовлении отливок./ Г.П. Борисов.// Литейное производство, 1989, №5. – С. 47–49
3. Фисун А.А. Методика определения экономической эффективности от внедрения технологии литья с противодавлением. [В кн.: Новое в литье с противодавлением.]/ А.А Фисун – София, 1988. – С. 34–37
4. Шуляк В.С. Метод литья по газифицируемым моделям из пенополистирола. / В.С. Шуляк – К.: Техника, 1991. – 78 с.

5. Десятая всесоюзная конференция по высокопрочному чугуноу. [Материалы конференции] – Киев-Львов, 1997. – 244 с.
6. Чирков В.Г. Обґрунтування фінансування інноваційних проєктів./ В.Г. Чирков // Фінанси України, 1996, N 6. – С.70-74
7. Завлин П.Н. Оценка эффективности инноваций. / П.Н. Завлин, А.В. Васильев. – СПб: Бизнес-пресса, 1998. - 215 с.
8. Герасимчук В. Г. Економіка підприємства [Навч. посібн] / За заг. ред.. В. Г. Герасимчука, А. Е. Розенплентера – К: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2003. – 264 с.
9. Портников Б.А. Новые системные подходы в концептуальной модели авиапредприятия как авиационной специализированной системы.// Современные информ. технологии в науке, образовании и практике / Матер. пятой всеросс. научно-практ. конф. (с междунар. участием). – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2006 (-475 с.), с. 253...265

..